

II-106

矩形閉鎖水域の風成流動と鉛直渦動粘性係数

山口大・院 学○中尾光生
宇部短期大 正 松本治彦

山口大・工 正 斎藤 隆

1. まえがき

湖沼などの閉鎖性が強い水域における流れは主として風成流動であり、この流れの予測は水環境問題に関して重要な課題である。この種の問題は特殊な場合を除いて解析的に扱われず、多くは大型計算機によって数値的に解かれているが、鉛直渦動粘性係数の評価がかなり面倒な問題である。著者らの1人は矩形水域に任意の風系を与えて起こる水流と水面傾斜の定常解を解析的に求める方法を提案している¹⁾。水域を単純化することで、解析解によって鉛直渦動粘性係数の値をかなりの精度で評価することが可能と考えられる。

本研究は、矩形水域における風成流動についての若干の実験を行い、上記の解析解を用いて鉛直渦動粘性係数値、流速分布について検討したものである。

2. 実験装置と実験方法

実験装置の概要を図-1に示す。風洞吹き出し断面は幅40cm、高さ20cmである。風洞中心断面での風速分布はほぼ一様である（図-2）。水槽は幅40cm、深さ20cm、長さ150cmの三面アクリル樹脂製である。水槽側壁上部には風洞天板が取り付けられている。

実験では、解析解で既知量として与えられている水表面形状と水表面せん断力と鉛直渦動粘性係数値により求められる水平流速の鉛直方向分布を測定した。

風速の測定は全圧管径2mmのピトー管を1/100mm分解能の差圧計に接続して行った。水面形状は水槽床面に横断方向に3点設置された静圧孔と基準水位との差を上記差圧計で測定する方法で決められた。水槽内流速分布の測定は水素気泡法で行った。使用したタンゲステン線の径は10 μ である。

実験中は風洞出口で風洞下端と水面とが一致するように水槽下流端での壁高さと水容積を微調整している。

3. 実験結果とその検討

水面形状を測定した結果が図-3である。図中の最小自乗法で求めた二次曲線は解析解で仮定されている水面形状として与えられた。水表面せん断力を得るために測定した風速分布を滑面対数分布則（ $\kappa=0.412$, $As=5.29$ ）に一致するように原点補正して、無次元表示をしたものが図-4である。この結果から得られた水面せん断力の流下方向分布が図-5である。原理的には $X \rightarrow 0$ で $\tau \rightarrow \infty$ であるが、簡単に図中の最小自乗法で求めた直線分布を解析解の仮定

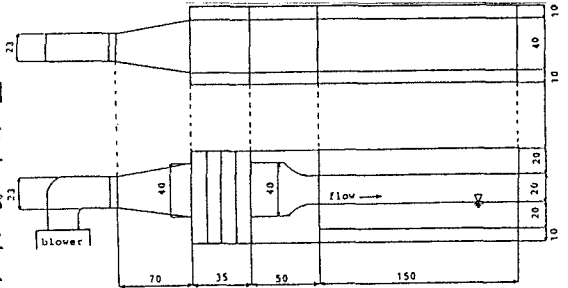


図-1 実験装置の概略

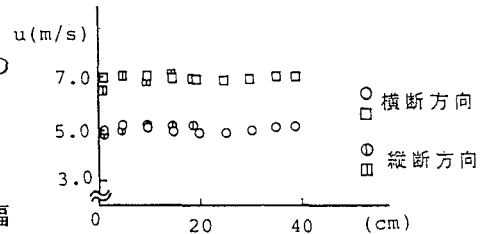


図-2 風洞吹き出し口中心線上の風速の縦横断分布

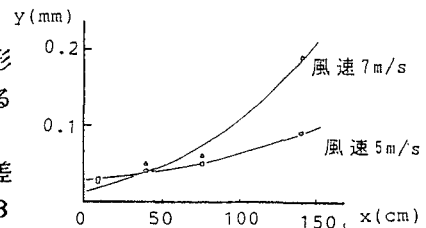


図-3 水面形状

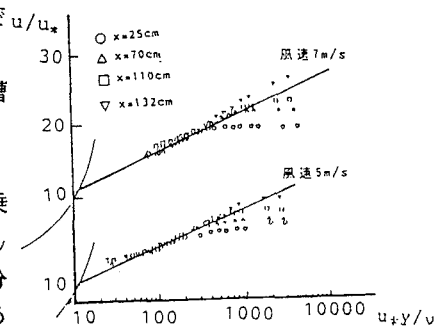


図-4 無次元風速分布

値とした。

妥当な鉛直渦動粘性係数 A_v の値を求める労力を軽減するため、流速分布の代表値である水表面と底面の流速（実水域では十分深いことから Slip Velocity を仮定している）を A_v の値を系統的に変えて解析解で求めた一例が図-6である。測定した流速分布からこの図を用いて鉛直渦動粘性係数が採り得る値の範囲を定めた。この様にして全ての実測流速分布から得られた A_v 値が重複する範囲は、水表面せん断力と水深で無次元化すると、 $A_v/U \cdot h = 0.0$

$0.025 \sim 0.0030$ である。鉛直渦動粘性係数についての余越らが提案している推定式に $U_{10}/U_s = 18 \sim 20$ と仮定して、本実験の結果である $C_f = 0.068 \sim 0.080$ を代入すると、 $A_v/U \cdot h = 0.0026 \sim 0.0031$ となり、本実験結果とほぼ一致した値である。道上、檜谷は鉛直方向の流速分布式を導き、水表面に於けるせん断力と表面流速の経験値から、 $A_v/U \cdot h = 0.016$ を得ている。この違いは、本実験と実水域でのスケールならびに水表面に於けるせん断力と表面流速との関係が異なることによると考えられ、今後検討する。

実測の流速分布から得られた $A_v/U \cdot h = 0.0025, 0.0030$ の値を用いた解析解による流速分布と実験結果とを比較したのが図-7である。水素気泡の上昇や水表面での波による攪乱などの精度の低下や底面での仮定の違いを考慮すると、両者はほぼ一致している。

4. むすび

水域形状を単純化することで得られた定常解を用いることで、閉鎖水域における風成流動の予測に必要な鉛直渦動粘性係数の評価が容易となるとの観点から、提案された解析解の妥当性を検討した。数少ない実験であるが、水深と水面せん断力とで無次元化した鉛直渦動粘性係数の値はほぼ一定値を示し、若干の仮定がされているが、余越らが提案している鉛直渦動粘性係数の推定式で得られる値と一致した。しかしながら、道上らが水面せん断力と表面流速の経験値を入れて得ている値とは、経験値が実水域と実験とで異なることによると考えられるが、無次元値で約一桁の違いがある。この点について今後検討していく。

参考文献

- 1) 松本治彦, 斎藤泰一, 松山優治: 矩形閉鎖海における風成海流の三次元分布, J.Tokyo Univ.Fish., Vol.77, No.2, pp.213-223, 1990
- 2) 余越正一郎, 富所五郎: 風による諏訪湖の流動特性, 土木学会論文報告集, 第276号, pp.53-63
- 3) 道上正規, 檜谷治: 鉛直渦動粘性係数および湖のスケールの吹送流に及ぼす影響, 土木学会論文集, 第405号/II-11, pp.185-194, 1989

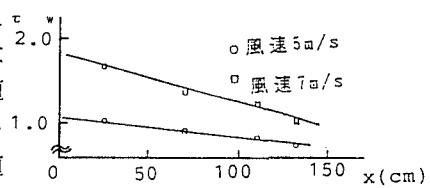


図-5 せん断力の流下方向の分布

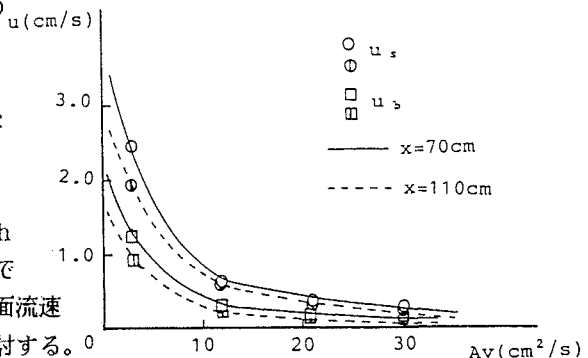


図-6 表面と底面の A_v による変化

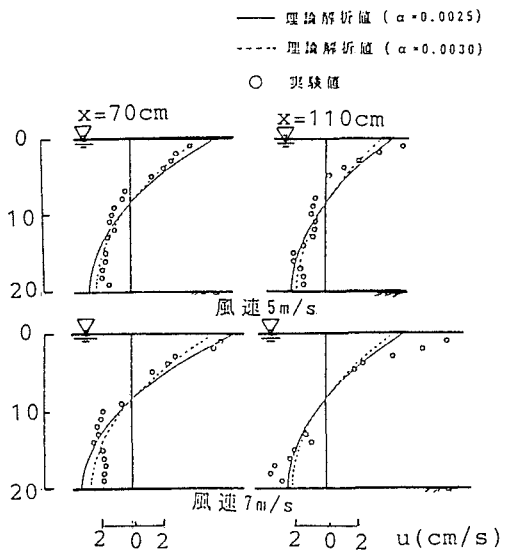


図-7 流速分布の解析解と実験値の比較